

# MEM6810 工程系统建模与仿真

案例 软件

## 第五讲: 典型系统建模与仿真 II

沈海辉

中美物流研究院  
上海交通大学

🏠 [shenhaihui.github.io/teaching/mem6810p](https://shenhaihui.github.io/teaching/mem6810p)  
✉ [shenhaihui@sjtu.edu.cn](mailto:shenhaihui@sjtu.edu.cn)

2022年春 (MEM非全日制)



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

董浩云航运与物流研究院

CY TUNG Institute of Maritime and Logistics

中美物流研究院 (工程系统管理研究院)

Sino-US Global Logistics Institute (Institute of Industrial & System Engineering)



- 1 简单排队系统仿真
  - ▶  $M/M/s$
  - ▶ 港口实例
  - ▶  $M/M/s/K$
- 2 产品入库仿真
- 3 配货系统仿真
- 4 供应商制造商库存控制仿真

## 1 简单排队系统仿真

- ▶  $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶  $M/M/s/K$

## 2 产品入库仿真

## 3 配货系统仿真

## 4 供应商制造商库存控制仿真

- 再次考虑  $M/M/1$  排队系统的仿真,  $\lambda = 0.6$ ,  $\mu = 1$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $L = 1.5$ ,  $L_Q = 0.9$ ,  $W = 2.5$ ,  $W_Q = 1.5$ , 服务台利用率  $= \rho = 0.6$ .
  - 模型: MM1.fsm

- 再次考虑  $M/M/1$  排队系统的仿真,  $\lambda = 0.6$ ,  $\mu = 1$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $L = 1.5$ ,  $L_Q = 0.9$ ,  $W = 2.5$ ,  $W_Q = 1.5$ , 服务台利用率  $= \rho = 0.6$ .
  - 模型: MM1.fsm
- 再次考虑  $M/M/2$  排队系统的仿真,  $\lambda = 0.6$ ,  $\mu = 0.5$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $L = 1.875$ ,  $L_Q = 0.675$ ,  $W = 3.125$ ,  $W_Q = 1.125$ , 服务台利用率  $= \rho = 0.6$ .
  - 模型: MM2.fsm

- 再次考虑  $M/M/1$  排队系统的仿真,  $\lambda = 0.6$ ,  $\mu = 1$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $L = 1.5$ ,  $L_Q = 0.9$ ,  $W = 2.5$ ,  $W_Q = 1.5$ , 服务台利用率  $= \rho = 0.6$ .
  - 模型: MM1.fsm
- 再次考虑  $M/M/2$  排队系统的仿真,  $\lambda = 0.6$ ,  $\mu = 0.5$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $L = 1.875$ ,  $L_Q = 0.675$ ,  $W = 3.125$ ,  $W_Q = 1.125$ , 服务台利用率  $= \rho = 0.6$ .
  - 模型: MM2.fsm
- 相同方法可实现任意  $G/G/s$  (服务台可以不同) 排队系统的仿真.

- 单泊位港口仿真实例

- 某港口现有 1 个泊位, 可供船舶停靠, 进行装船、卸货作业.
- 船舶入港后, 如泊位是空闲的, 可立即使用; 否则需要遵循先到先服务原则在港口区排队等候.
- 邮轮到达时间间隔的分布, 邮轮类型的分布及其所需作业时长如下列表格所示:

到达时间间隔/天	概率
1	0.05
2	0.15
3	0.35
4	0.25
5	0.20

邮轮类型	所需时长/天	概率
巨型	4	0.40
中型	3	0.35
小型	2	0.25

- 计算该港口长时间连续运行下的性能度量:  $L$ ,  $L_Q$ ,  $W$ ,  $W_Q$  和泊位利用率.
- 提示: 可以建模为  $G/G/1$  进行仿真.
- 模型: `SinglePort.fsm`

- 双泊位港口仿真实例

- 由于发现该港口现有的服务水平太低, 现考虑对港口进行改造, 新增 1 个泊位.
- 由于新增泊位的技术水平较高, 所需作业时长较原泊位短, 如下表所示:

邮轮类型	原泊位所需时长/天	新泊位所需时长/天
巨型	4	3
中型	3	2
小型	2	1

- 计算改造后各性能度量的变化情况.
- 提示: 可以建模为  $G/G/2$  (两个服务台速率不同) 进行仿真.
- 当两个泊位都空闲时, 使用哪一个? (1) 旧/新泊位; (2) 随机选择; (3) 轮流选择 (round robin); (4) 先空闲者...
- 模型: DoublePorts.fsm



- 考虑  $M/M/1/5$  排队系统的仿真,  $\lambda = 1$ ,  $\mu = 0.8$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $P_K = 0.2711$ ,  $L = 3.132$ ,  $L_Q = 2.221$ ;  
对于进入站点的顾客而言,  $W = 4.296$ ,  $W_Q = 3.046$ ;  
对于全体顾客而言,  $W' = 3.132$ ,  $W'_Q = 2.221$ ;  
服务台利用率 =  $\rho(1 - P_K) = 0.6 = 0.911$ .
  - 模型: MM1K.fsm, MM1K-EnteredCustomer.fsm,  
MM1K-AllCustomer.fsm

- 考虑  $M/M/1/5$  排队系统的仿真,  $\lambda = 1$ ,  $\mu = 0.8$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $P_K = 0.2711$ ,  $L = 3.132$ ,  $L_Q = 2.221$ ;  
对于进入站点的顾客而言,  $W = 4.296$ ,  $W_Q = 3.046$ ;  
对于全体顾客而言,  $W' = 3.132$ ,  $W'_Q = 2.221$ ;  
服务台利用率 =  $\rho(1 - P_K) = 0.6 = 0.911$ .
  - 模型: MM1K.fsm, MM1K-EnteredCustomer.fsm,  
MM1K-AllCustomer.fsm
- 考虑  $M/M/2/5$  排队系统的仿真,  $\lambda = 1$ ,  $\mu = 0.4$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 模型: MM2K.fsm

- 考虑  $M/M/1/5$  排队系统的仿真,  $\lambda = 1$ ,  $\mu = 0.8$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 根据排队论, 已知  $P_K = 0.2711$ ,  $L = 3.132$ ,  $L_Q = 2.221$ ; 对于进入站点的顾客而言,  $W = 4.296$ ,  $W_Q = 3.046$ ; 对于全体顾客而言,  $W' = 3.132$ ,  $W'_Q = 2.221$ ; 服务台利用率  $= \rho(1 - P_K) = 0.6 = 0.911$ .
  - 模型: MM1K.fsm, MM1K-EnteredCustomer.fsm, MM1K-AllCustomer.fsm
- 考虑  $M/M/2/5$  排队系统的仿真,  $\lambda = 1$ ,  $\mu = 0.4$ ; 用 FlexSim 实现.
  - 模型: MM2K.fsm
- 相同方法可实现任意  $G/G/s/K$  (服务台可以不同) 排队系统的仿真.

## 1 简单排队系统仿真

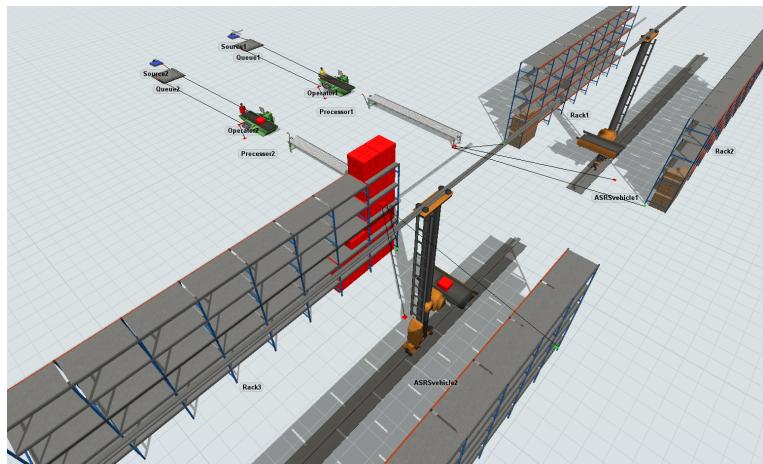
- ▶  $M/M/s$
- ▶ 港口实例
- ▶  $M/M/s/K$

## 2 产品入库仿真

## 3 配货系统仿真

## 4 供应商制造商库存控制仿真

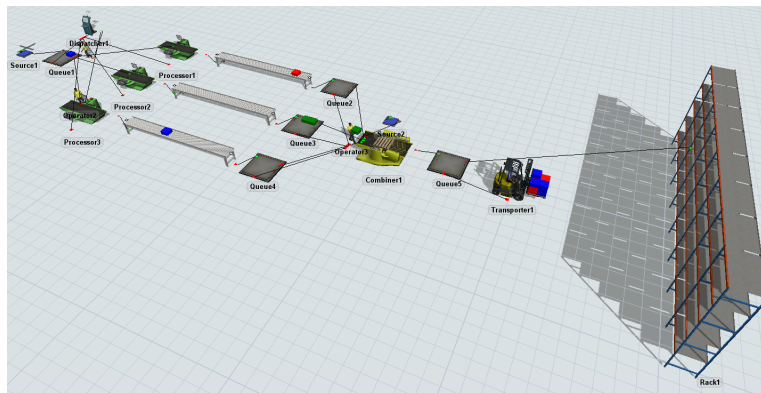
- 将生产完成的货物存放至货架:



- 模型: StockIn.fsm

- 1 简单排队系统仿真
  - ▶  $M/M/s$
  - ▶ 港口实例
  - ▶  $M/M/s/K$
- 2 产品入库仿真
- 3 配货系统仿真
- 4 供应商制造商库存控制仿真

- 将货品按照指定方式打包待发货:



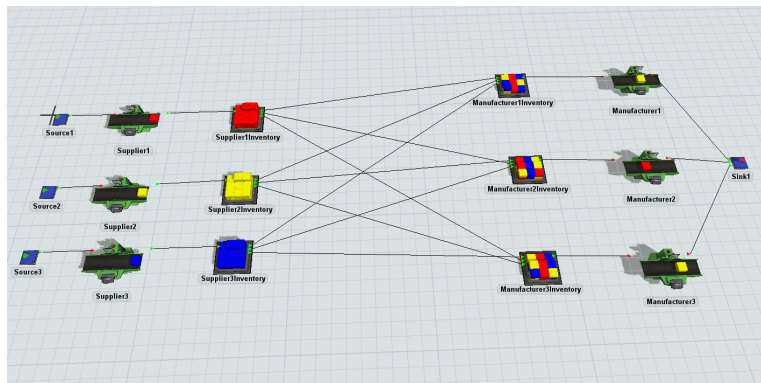
- 模型: Allocation.fsm

- 1 简单排队系统仿真
  - ▶  $M/M/s$
  - ▶ 港口实例
  - ▶  $M/M/s/K$
- 2 产品入库仿真
- 3 配货系统仿真
- 4 供应商制造商库存控制仿真



# 供应商制造商库存控制仿真

- 供应商和制造商各自使用  $(s, S)$  库存控制策略:



- 模型: Inventory.fsm